УДК 519.7;519.711

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

О.М. Замятина

Томский политехнический университет
E-mail: oxa@aics.ru

Показана возможность комбинированного применения статического и динамического моделирования на примере бизнес-процессов предприятий с целью их описания, оптимизации и внедрения корпоративных информационных систем. Для реализации метода разработан теоретико-множественный аппарат формализованного описания моделей процессов в методологиях IDEF0, IDEF3 и SIMAN.

Выживание и функционирование современного предприятия в рамках высокой конкурентной борьбы, огромного влияния политических решений и постоянно меняющихся тенденций международного и российского рынка заставляет менеджмент повышать эффективность деятельности предприятия. Одним из возможных путей решения этой проблемы является внедрение информационных систем (ИС) класса MRPII/ERP (Manufactory Recourse Planning/Enterprise Recourse Planning), которые позволяют автоматизировать бизнес-процессы предприятия и интегрировать их в единое информационное пространство. Внедрение ERP-систем аккумулирует в себе решение задач, которые сами по себе могут оптимизировать функционирование предприятия в целом или его отдельные процессы [1]. К таким задачам относятся: реорганизация организационно-штатной структуры, проведение обследования, формализация существующих бизнес-процессов, внедрение системы менеджмента качества, автоматизация технологических процессов, внедрение новых технологий и т.д. В настоящее время, перед тем как практически осуществить внедрение ERP-систем, проводят описание и анализ бизнес-процессов.

Потребность в средствах описания и анализа бизнес-процессов диктует необходимость разработки не только новых методов моделирования и анализа, но и формального аппарата, составляющего основу этих средств. Формальный аппарат должен позволять адекватно описывать как статику и динамику функционирования отдельных процессов, так и деятельность всего предприятия в целом. На сегодняшний день наиболее эффективным методом исследования процессов предприятия является использование динамических моделей, которые позволяют, не только адекватно, корректно и наглядно описать деятельность, но дают возможность прогнозирования и, на основании этого, позволяют принимать оптимальные управленческие решения. Формальный аппарат описания бизнес-процессов предприятия, который можно использовать при разработке новых методов и алгоритмов, в настоящее время не достаточно освещен в литературных источниках и во многом является «*know how*» фирм-разработчиков CASE-средств (Computer Aid System/Software Engineering). Новые методы моделирования бизнес-процессов должны быть свободны от недостатков, присущих уже существующим методикам, таких как недостаточная описательная и моделирующая мощность, невысокая приспособленность для анализа реальных процессов, слабое использование объектно-ориентированного подхода или его отсутствие, структурная избыточность, не увеличивающая описательной и функциональной мощности. Все это послужило прямой предпосылкой к разработке формального аппарата описания бизнес-процессов в соответствии с современным уровнем их представления, а также нового метода моделирования и анализа бизнес-процессов, который позволит описать предметную область, проанализировать и оптимизировать отдельные бизнес-процессы, оценить возможность возникновения критических ситуаций и определить ряд адекватных управленческих решений лицом, принимающим решения (ЛПР).

Формальные средства моделирования бизнес-процессов предприятия делятся на две основные группы, применяемые для структурного анализа и для динамического имитационного моделирования. К методологиям структурного анализа относят: SADT (Structured Analysis and Design Techniques), DFD (Data Flow Diagram), ERD (Entity Relationship Diagram) и ARIS (Architecture of Information System), эти методологии позволяют создавать статические модели процессов. Для динамического имитационного моделирования процессов, в том числе и бизнес-процессов, можно использовать различные сетевые методы, такие как: сети Петри, раскрашенные сети Петри (CPN – Coloured Petri Nets), GPSS (General Purpose Simulating System) – унифицированный язык имитационного моделирования, язык визуального моделирования SIMAN (SIMulation ANalysis) и другие.

На основе проведенного автором анализа существующих методов и средств моделирования процессов были определены их основные достоинства и недостатки. Основным достоинством статических моделей является высокая описательная способность, возможность функционально-стоимостного анализа и общепринятость использования в качестве международных стандартов (IDEF0). Статические модели обладают большой описательной мощностью, но при этом имеют небольшую анализирующую мощность. В тоже время динамические имитационные модели позволяют описать временной аспект функционирования процессов, использовать различные вероятностные параметры моде-

ли, что позволяет всесторонне анализировать предметную область моделирования. В современных средствах динамического моделирования, таких как язык моделирования высокого уровня SIMAN, используется объектно-ориентированный подход. Таким образом, квалификация специалистов должна быть очень высокой и время, необходимое для описания сложных бизнес-процессов достаточно большим, что ведет к повышению стоимости реализации проекта. Соответственно, решение задачи описания и анализа бизнес-процессов предприятия целесообразно проводить, используя комбинацию методов статического и динамического моделирования. За счет комбинации методов предполагается увеличить описательную и моделирующую мощность, большую приспособленность для анализа и оптимизации бизнес-процессов, использование объектно-ориентированного подхода.

Для решения поставленных задач автором разработан новый теоретико-множественный аппарат формализованного описания моделей бизнес-процессов предприятия в методологиях IDEF0, IDEF3 и SIMAN.

Функциональная модель, разработанная в методологии IDEF0, представляет собой схему обрабатывающих функций и стрелок. Функция показывает, каким образом входная информация преобразуется в выходную информацию, с помощью каких механизмов и что для каждой функции является управлением [2]. Структура IDEF0-модели представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются блоки, соединенные направленными дугами. Ниже приведены основные определения, относящиеся к структурным свойствам IDEF0-модели в терминах наименьших структурных компонентов – блоков и дуг.

Определение 1. IDEF0-модель формально определена в виде:

$$G = (F, A, LA),$$

где F – конечное непустое множество функций, называемых вершинами графа G; A – множество стрелок, называемых дугами графа G, A = {множество пар, образованных из элементов F}; LA – множество объектов, называемых метками графа G.

Определение 2. Любая дуга $a \in A$ представляет собой следующую четверку:

$$A = (I, C, O, M),$$

где I – конечное множество дуг, называемых входами, $I=\{i_1,i_2,...,i_m\}$; C – конечное множество дуг, называемых управлением, $C=\{c_1,c_2,...,c_k\}$; M – конечное множество объектов, называемых механизмами, $M=\{m_1,m_2,...,m_j\}$; O – конечное множество дуг, называемых выходами, $O=\{o_1,o_2,...,o_p\}$, $O=h(F,I,C,M)$, где m, k, j, p – количество элементов.

Стандарт описания бизнес-процессов предприятия с использованием IDEF0 широко распространен в России и в мире. За счет простоты и строгости описания деятельности предприятия IDEF0-модели используются для описания предметной области при внедрении систем менеджмента качества, при проведении обследования деятельности, при проектировании ИС. В свою очередь IDEF0-модели имеют ряд недостатков: нет возможности задать временные и вероятностные параметры, невозможно прогнозировать и планировать деятельность предприятия. Частично эти недостатки можно устранить, описав бизнес-процесс с использованием методологии IDEF3.

Любая IDEF3-модель представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются единицы работ, ссылки и перекрестки, а дугами являются связи. Предприятие или его отдельный бизнес-процесс, описанный с использованием методологии IDEF3, представляет собой модель последовательности выполнения этапов без указания конкретных временных интервалов выполнения этапов. В IDEF3-модели источниками и приемниками потоков (данных, информации, материалов, готовых изделий) являются ссылки, единицы работ определяют, каким образом входные потоки преобразуются в выходные потоки. За счет введения в модель концептуально новых элементов – перекрестков, появляется возможность проанализировать зависимость выполнения этапов в модели.

Определение 3. IDEF3-модель формально определена в виде:

$$W = (U, R, L, J),$$

где U – конечное непустое множество единиц работ, являющихся вершинами графа W, $U=\{u_1,u_2,...,u_q\}$; R – конечное непустое множество ссылок, $R=(RI,RO)$; $RO=\{ro_1,ro_2,...,ro_v\}$, $RI=\{ri_1,ri_2,...,r_{ib}\}$, $RI=h(U,J,RO)$; L – множество связей, являющихся дугами графа W, $L=\{l_1,l_2,...,l_c\}$; J – множество перекрестков, где q, v, b, c – количество элементов.

Перекрестки, за счет которых достигается возможность отображения логики и последовательности выполнения этапов, можно классифицировать по двум категориям: перекрестки слияния и перекрестки ветвления, синхронные и асинхронные перекрестки.

Описательная мощность методологии IDEF3 по сравнению с IDEF0 выше, за счет введения более широкой элементной базы и за счет введения в модель перекрестков. Перекресток позволяет описать последовательность и логику выполнения этапов или последовательность изменения состояний системы, что позволяет говорить о возможности дальнейшей связи статических и динамических моделей и переводе IDEF3-моделей в модели языка SIMAN.

Структура SIMAN-модели представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются узлы, соединенные направленными дугами. Ниже приведены основные определения, относящиеся к структурным свойствам SIMAN-модели в терминах наименьших структурных компонентов – узлов и дуг. В качестве узлов в модели используются: источники (CREATE), стоки (DISPOSE), процессы (PROCESS), модули группировки (BATCH), модули разгруппировки (SEPARATE), модули условий (DECIDE).

Определение 4. SIMAN-модель формально может быть определена в виде:

$$DY = (C, D, P, B, S, Q),$$

где C – конечное непустое множество источников, $C=\{c_1,c_2,...,c_s\}$; D – конечное непустое множество стоков, $D=\{d_1,d_2,...,d_a\}$; P – конечное непустое множество процессов, $P=\{p_1,p_2,...,p_o\}$; B – конечное множество модулей группировки, $B=\{b_1,b_2,...,b_i\}$; S – конечное множество модулей разгруппировки, $S=\{s_1,s_2,...,s_u\}$; Q – конечное непустое множество модулей условий, $Q=\{q_1,q_2,...,q_y\}$; где s, o, a, i, u, y – количество элементов.

SIMAN-модели позволяют полностью описать логику любого процесса, исследовать временные, стоимостные и вероятностные параметры процесса и на основании этого планировать, оптимизировать и прогнозировать деятельность предприятия и отдельных бизнес-процессов.

На основе теоретико-множественного аппарата разработан метод моделирования бизнес-процессов предприятия, который позволяет описать поведение предприятия в условиях внешней среды, рассмотреть изменение параметров бизнес-процессов при варьировании внутренних и внешних воздействий и оптимизировать деятельность предприятия или отдельного бизнес-процесса. Новый метод позволяет описывать статическое состояние процессов, так как это требуется различными стандартами, например систем менеджмента качества, а для анализа, оптимизации и реинжиниринга деятельности предприятия использовать динамические модели. В работе автором предложен метод моделирования и комплексного анализа (МиКА) бизнес-процессов предприятия, основу которого составляет перевод IDEF0-моделей в динамические SIMAN-модели и теория ситуационного управления.

При использовании метода МиКА входной информацией для системы служат исходные данные, которые представляют собой сведения о деятельности предприятия: устав, положения о подразделениях, документированные процедуры, должностные инструкции, данные о направлениях деятельности, выпускаемой продукции или предоставляемых услугах, комплексная программа развития предприятия. На основании исходных данных создаются анкеты, проводится интервьюирование сотрудников, а затем разрабатывается статическая IDEF0-модель бизнес-процесса. В результате применения метода МиКА аналитик либо управленец получает выборку возможных в той или иной ситуации решений и статистические данные по сценариям поведения модели при варьировании внутренних и внешних параметров, как самой модели, так и внешней среды. Укрупненная схема функционирования метода МиКА приведена на рис. 1. Рассмотрим более детально блоки метода МиКА.

Первоначально исходные данные поступают на вход блока Анализатора. На основании анализа исходных данных аналитиками составляются анкеты, затем эти анкеты раздаются руководителям и ведущим специалистам подразделений. После этого, происходит сбор и обработка результатов анкетирования. После анкетирования аналитики проводят интервьюирование сотрудников и анализируют полученные данные. В результате выполнения предыдущих этапов разрабатывается статическая IDEF0-модель деятельности предприятия или отдельных бизнес-процессов. Схема функционирования блока Анализатора приведена на рис. 2.

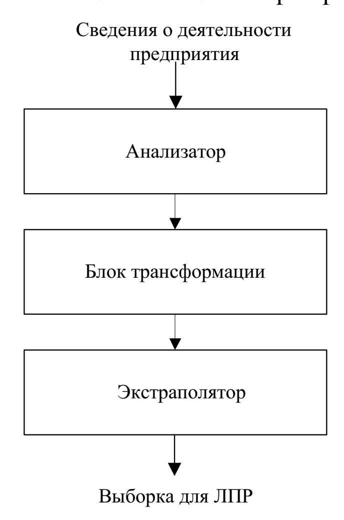


Рис. 1. *Укрупненная схема функционирования метода МиКА*

Полученная модель является исходными данными для Блока трансформации. Адекватность модели проверяется с использованием экспертных оценок. Блок трансформации, представленный на рис. 3, является ядром метода МиКА, так как именно в нем происходит перевод статической модели в динамическую модель. Автором разработаны и представлены в [3, 4] правила перевода элементов из методологии IDEF0 в методологию IDEF3 и далее в SIMAN. Кроме этого, разработаны логико-трансформационные правила и алгоритмы перевода, согласно разработанному теоретико-множественному аппарату описания моделей бизнес-процессов. В таблице представлены правила перевода некоторых элементов методологии IDEF3 в SIMAN.

В качестве исходных данных в Экстраполятор поступает графическое изображение SIMAN-модели с зарезервированными полями под параметры модели. Далее аналитику необходимо задать свойства непосредственно для конкретного бизнес-процесса с конкретными вероятностями возникновения сущностей в модели, временем выполнения процессов, условиями срабатывания и другие свойства. Эти данные получаются в результате анкетирования, интервьюирования и хранятся в глоссарии IDEF3-модели.

После определения временных и вероятностных параметров модели происходит запуск и прогон модели. Прогон представляет собой итерационный процесс варьирования параметров внешних данных, поступающих в систему, и внутренних параметров самой системы. В результате этого происходит сбор и накопление результатов моделирования, которые анализируются и предоставляются в

виде выборки для принятия эффективных управленческих решений. Схема функционирования Экстраполятора приведена на рис. 4.

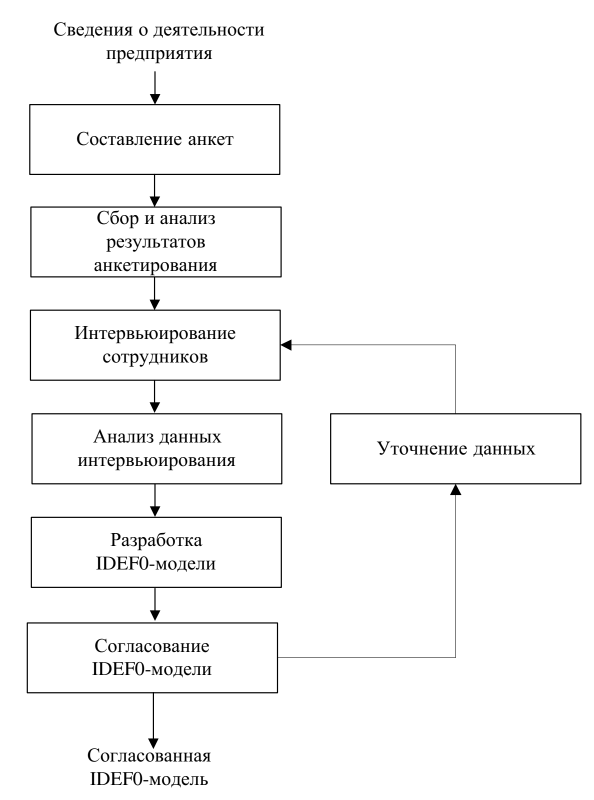


Рис. 2. *Схема функционирования блока Анализатора*

При выборе программных продуктов для практической реализации метода МиКА были рассмотрены те, которые наиболее часто используются при моделировании бизнес–процессов и являются мировыми лидерами на рынке информационных технологий. При выборе средств моделирования решено было руководствоваться следующими критериями:

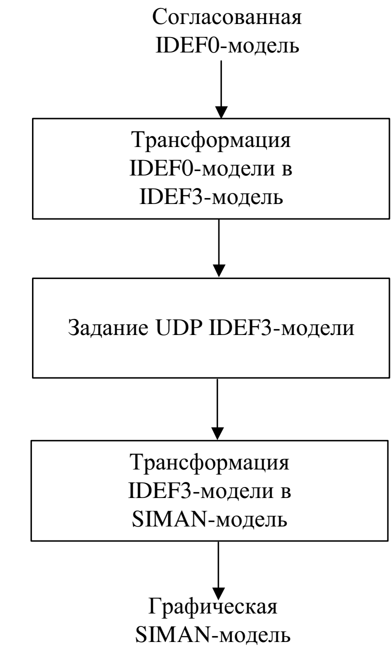
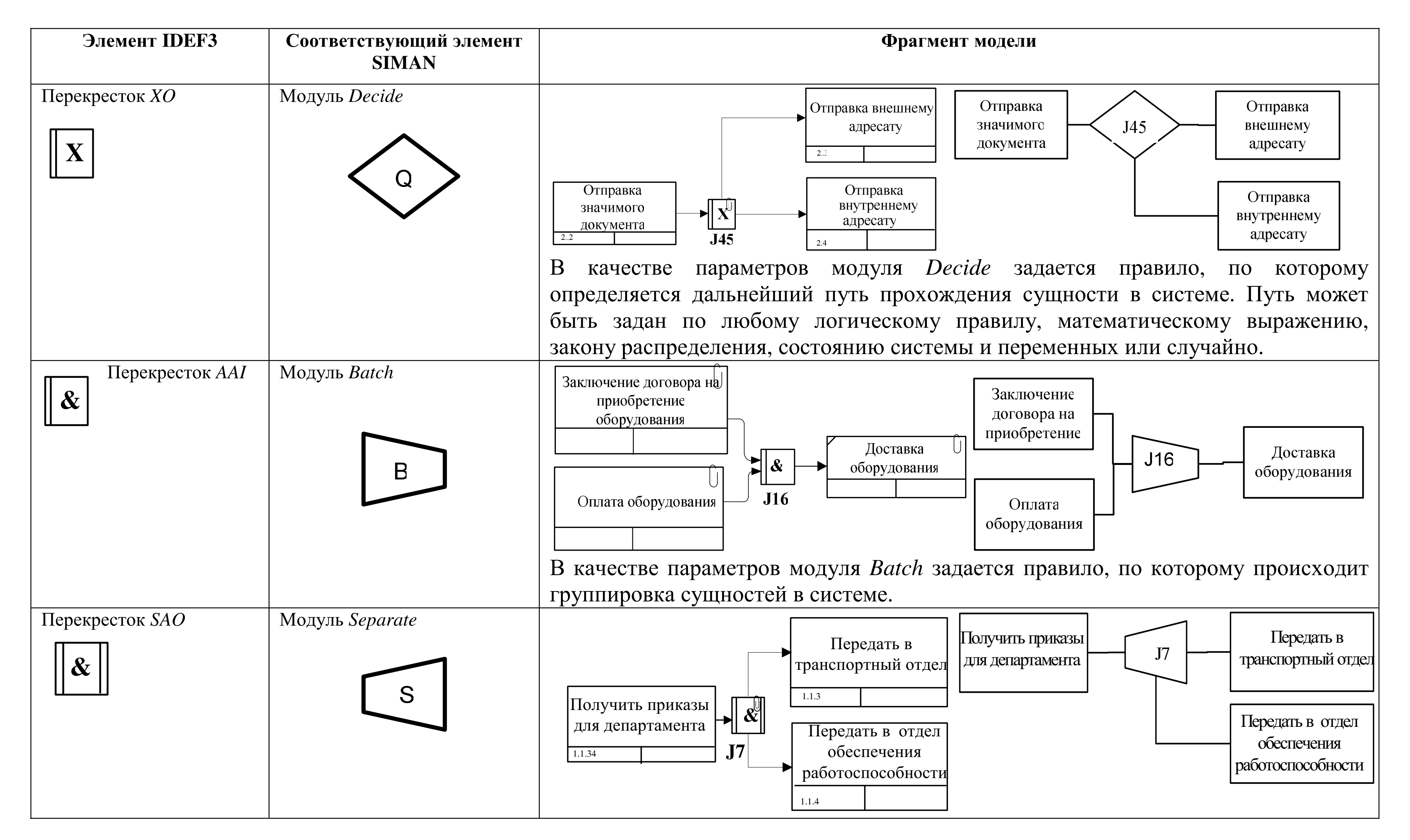


Рис. 3. *Схема функционирования Блока трансформации*



Рис. 4. *Схема функционирования Экстраполятора*

Таблица. *Соответствие элементов методологии IDEF3 элементам языка SIMAN*



Элемент IDEF3	Соответствующий элемент SIMAN	Фрагмент модели
Перекресток *XO*	Модуль *Decide*	В качестве параметров модуля *Decide* задается правило, по которому определяется дальнейший путь прохождения сущности в системе. Путь может быть задан по любому логическому правилу, математическому выражению, закону распределения, состоянию системы и переменных или случайно.
Перекресток *AAI*	Модуль *Batch*	В качестве параметров модуля *Batch* задается правило, по которому происходит группировка сущностей в системе.
Перекресток *SAO*	Модуль *Separate*	

1. Стоимость и доступность CASE-средства.
2. Простота использования, включающая удобство и современность пользовательского интерфейса, трудовые и временные затраты на освоение, качество и доступность документации и литературы, возможность обновления версий.
3. Унифицированность интерфейса по отношению к другим CASE-средствам.

Из средств статического моделирования бизнес-процессов предприятия был выбран программный продукт AllFusion Process Modeler 4.0 компании Computer Associates Inc., как наиболее подходящий по критериям 1–3. AllFusion Process Modeler поддерживает построение как функциональных IDEF0-моделей, так и моделей выполнения последовательности этапов IDEF3.

На основании анализа средств динамического моделирования, проведенного по критериям 1–3, было выбрано CASE-средство Arena 5.0. Среди явных достоинств этой среды доминируют следующие: возможность описания широкого спектра задач, расширенные средства функционально–стоимостного анализа, автоматический генератор отчетов, включающий стандартные и специальные отчеты, при моделировании происходит автоматический сбор статистики, существуют средства анализа полученных данных и средства оптимизации процессов по различным параметрам.

Рассмотрим фрагмент практической реализации ядра метода МиКА – Блока трансформации. На рис. 5 представлен фрагмент согласованной подмодели деятельности структурного подразделения ЗАО «ЭлеСи» – ЗАО «Сотис», который является результатом функционирования блока Анализатора (ЦПСА – цех приборов и средств автоматизации, ЦМ – цех механообработки, УППТП – участок порошковой покраски и трафаретной печати,

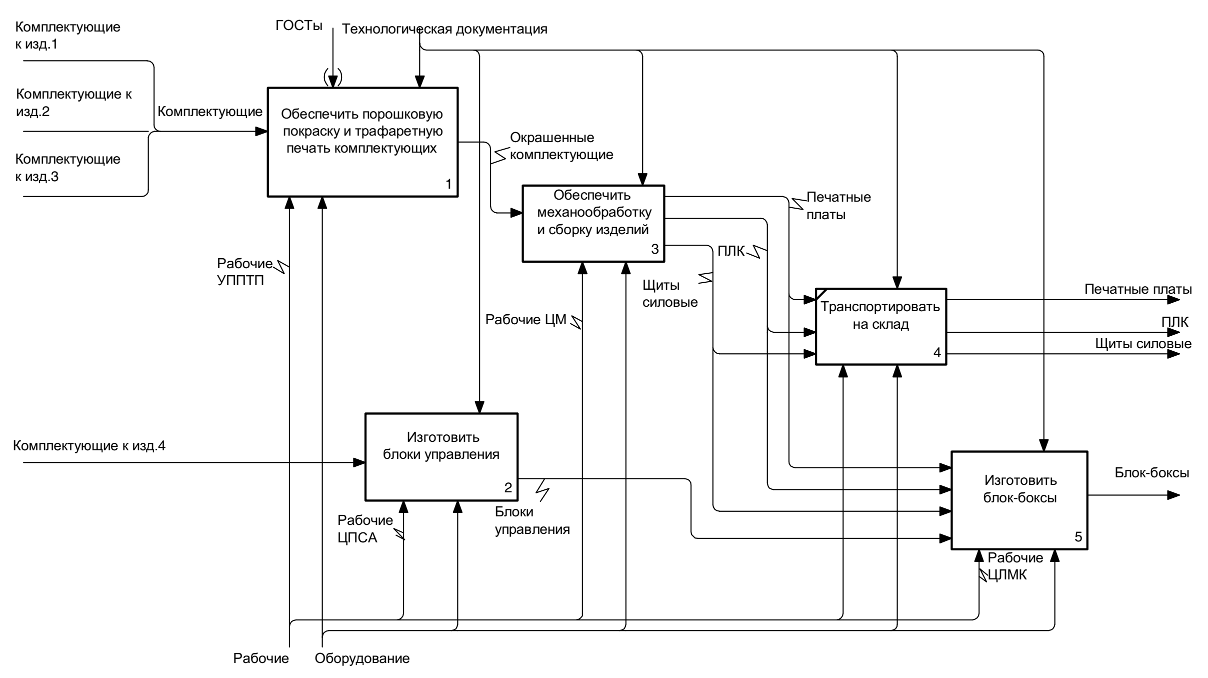


Рис. 5. *Диаграмма деятельности производства (уровень А0) в методологии IDEF0*

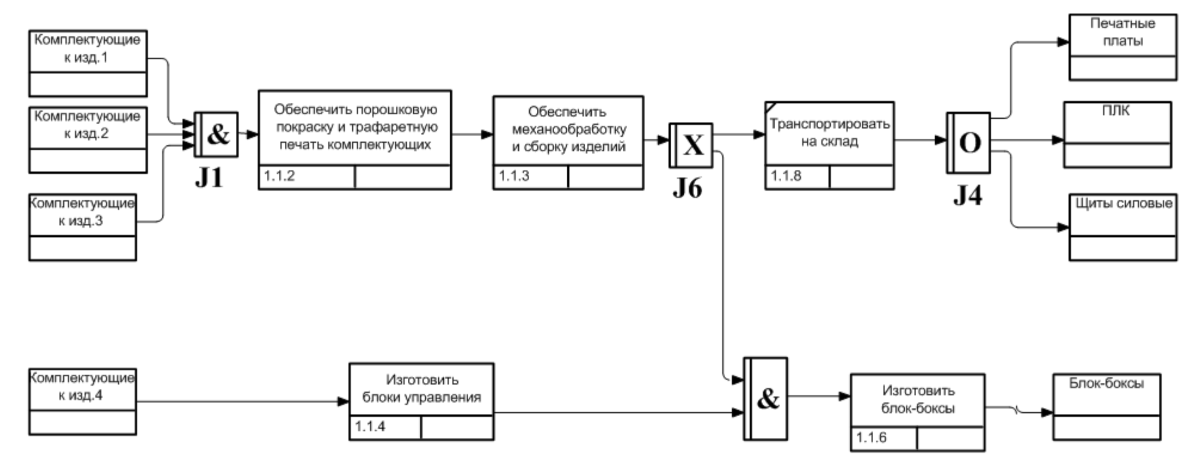


Рис. 6. *Диаграмма деятельности производства (уровень А0) в методологии IDEF3*

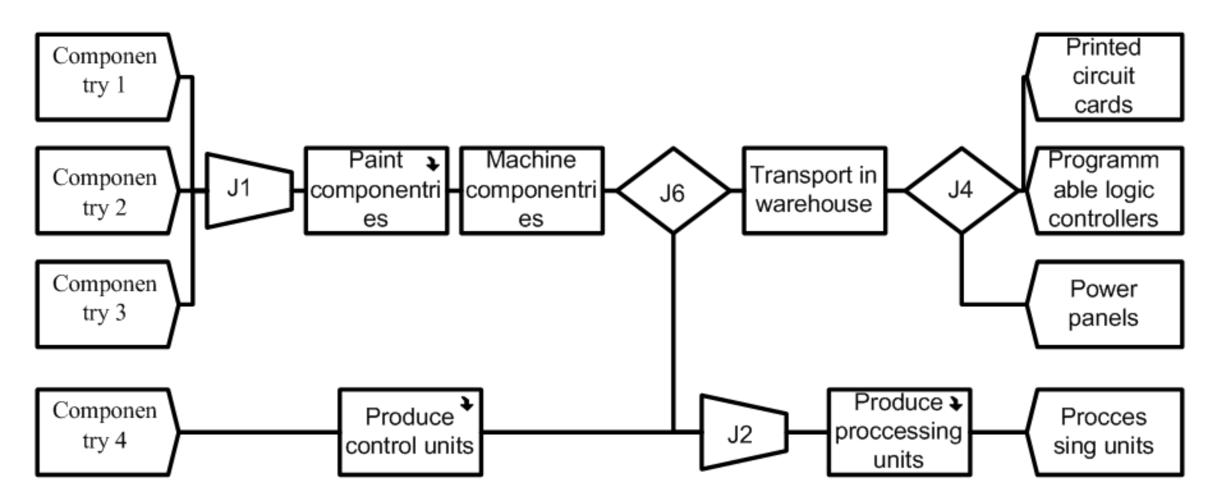


Рис. 7. *Динамическая SIMAN-модель деятельности производства (уровень А0)*

ЦЛМК – цех легких металлоконструкций, ПЛК – программируемые логические контроллеры).

Согласно методу МиКА следующим этапом является получение из функциональной IDEF0-модели событийной IDEF3-модели. Результат данной трансформации приведен на рис. 6.

Согласно разработанному методу МиКА, последним этапом блока трансформации является перевод IDEF3-модели в динамическую SIMAN-модель. Перевод осуществляется согласно таблице. В результате выполнения этих действий получается графическое изображение динамической модели, представленное на рис. 7, с зарезервированными полями под параметры модели.

Предлагается применять метод МиКА при выполнении работ по описанию и моделированию бизнес-процессов предприятия, по оптимизации и реинжинирингу бизнес-процессов, по проработке разнообразных сценариев развития критических ситуаций, по выявлению специфических факторов появления критических ситуаций. Метод МиКА позволяет описать деятельность предприятия в терминах предметной области, а затем провести анализ и оптимизацию процессов с помощью динамических моделей, эта возможность появляется за счет комбинации двух наиболее распространенных методов: статического и динамического моделирования.

Поддержано грантом Министерства образования и науки Российской Федерации на тему: «Разработка и анализ моделей и алгоритмов управления деятельностью предприятия в среде Axapta 3.0».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Питеркин С.В., Оладов Н.А., Исаев Д.В. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем. – М.: Альпина Паблишер, 2002. – 285 с.
2. Марка Д., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования: Пер. с англ. – М.: МетаТехнология, 1993. – 210 с.
3. Замятина О.М. Моделирование и комплексный анализ бизнес-процессов предприятия: Автореф. дис. ... к.т.н. – Томск: ООО «РауШ мбХ», 2004. – 19 с.
4. Zamyatina O.M., Zamyatin A.V. The original modeling method compared to existing modeling techniques // Proc. 8th Korea-Russia Intern. Symp. on science and technology. – Tomsk, 2004. – P. 188–191.